ÜBER DIE WIRKUNGEN ALKALISCHER UND SAURER FLÜSSIGKEITEN IN DER BLUTBAHN.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT

WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

VORGELEGT VON

P. F. JOSEPH CHRIST

AUS

ELTVILLE (HESSEN-NASSAU).

WÜRZBURG.

Druck von F. Fromme, Burkarderstrasse 26.

1894.

Referent: Herr Professor Dr. **Kunkel.**

MEINEN

LIEBEN ELTERN

IN TIEFER

DANKBARKEIT UND VEREHRUNG

GEWIDMET

DER VERFASSER.

Sehr viele chemische Stoffe zeigen, dem Blute einverleibt, eine eigentümliche Wirkung auf die Geschwindigkeit und den Druck des Blutes in seiner Bahn. Untreitig ist die Ursache hiervon je nach den Stoffen eine verschiedene. Während es z. B. mit aller Sicherheit feststeht, dass Digitalis, Strophantus und andere, den Blutstrom regulierende Mittel durch Einwirkung auf die vasomotorischen Nerven an deren Peripherie und auf das vasomotrische Centrum die Gefässe verengern und dadurch ihre segensreiche Wirkung ausüben, ist es dagegen ebenso klar festgestellt, dass die grosse Gruppe der Adstringentien nur eine rein lokale Wirkung auf das Protoplasma der Gefässe ausüben, ohne irgendwelche Beteiligung nervöser Faktoren, so dass auch hier eine Verengerung der Gefässe unter bestimmten Umständen eintritt.

Bisher hat man, wie es scheint, bei solchen Verringerungen und Beschleunigungen des Blutstromes fast immer nur die Erregung der Nerven oder der glatten Muskelfasern der Gefässwände als Ursache untergelegt; es ist aber ausserdem noch sehr wohl eine dritte Art der Einwirkung auf die Circulations-

geschwindigkeit möglich, die auch bei den unten beschriebenen Versuchen jedenfalls stattgefunden hat. So gut nämlich die Vasoconstrictoren, die Gefässmuskeln, als Ursache für eine mehr oder weniger beträchtliche Behinderung des Weges für die durchströmende Flüssigkeit angenommen werden, so naheliegend ist es auch eigentlich den Endothelzellen, welche die innerste Auskleidung der Gefässe bilden und somit unmittelbar mit dem durchfliessenden Strome in Berührung kommen, eine Bedeutung für die Geschwindigkeit desselben zuzuweisen. Versuche, welche in dieser Richtung angestellt wurden, scheinen dafür mit aller Deutlichkeit zu sprechen; dieselben haben auch ausserdem noch einige interessante Resultate ergeben, so dass es sich verlohnen wird, die Versuche und ihre Ergebnisse genauer zu beschreiben.

In der neueren pharmakologisch-physiologischen Litteratur finden sich keine direkt hierauf bezügliche Beobachtungen; doch kann man wohl als mit dem Thema verwandt eine Arbeit von Professor Kobert[1]) hier anführen, welche aber speciell die Geschwindigkeiten der mannigfaltigsten Arzneimittel, dem Blute beigemischt, prüft und somit jedes einzelne für sich beobachtet, nicht aber wie in dieser Arbeit den auffallenden Gegensatz zwischen Säure und Base näher studiert. Merkwürdigerweise wird dort die Geschwindigkeit bei Na_2CO_3 nicht als gesunken,

---

[1]) Prof. R. Kobert. „Ueber die Beeinflussung der peripheren Gefässe durch pharmakologische Agentien". Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Band XXII Seite 77.

sondern sogar noch als bedeutend vermehrt angegeben.[1])

Die von dem Verfasser angestellten Versuche wurden sämtlich an Fröschen (Rana esculanta) vorgenommen, meist starken Exemplaren.

Der Versuchsapparat bestand zum wesentlichen aus zwei Büretten, welche mit $^1/_{10}$ ccm-Teilung versehen waren; sie mündeten vermittelst kleiner Gummischläuche in eine gemeinsame Messingkanüle, deren Mündung einen Durchmesser besass, welcher dem Querschnitt der Aorta eines Frosches entsprach. Ausserdem war auf dem Tisch noch eine berusste Trommel aufgestellt, die durch ein Uhrwerk in gleichmässig langsame Rotation versetzt wurde, zum Aufzeichnen der gefundenen Resultate. Die Zeit wurde auf der Trommel alle 3 Sekunden selbstthätig markiert durch einen in Tätigkeit gesetzten Elektromagneten, welcher mit einen Sekundenpendel in Verbindung stand und alle 3 Sekunden von einem elektrischen Strom durchflossen wurde. Der Frosch wurde zunächst dekapitirt, sodann wurde das Rückenmark mit einem Messingdorn zerstört, damit nicht ev. bei intaktem Rückenmark durch reflectorische krampfhafte Muskelkontraktionen die Geschwindig-

[1]) Die hierher gehörigen Versuche ergaben folgende Zahlen:

1. Kalb, Fuss. Natrium carbonicum. Promillegehalt des Blutes an natrium carbonicum 3.60. Durchströmung 24 Minuten; Gesamtgehalt des Durchgeströmten an natrium carbonicum 110 mg. Unterschied der Anfangs- und Endgeschwindigkeit + 14%.

2. Hund, Hinterteil. Natrium carbonicum. Promillegehalt des Blutes an natrium carbonicum 0.90. Zeit 3 Minuten. Gesamtgehalt des Durchgeströmten an natrium carbonicum 90 mg. Unterschied + 70%.

3. Schaf, Uterushorn. Natrium phosphoricum. Promillegehalt des Blutes an natrium phosphoricum 2,0. Zeit 5 Minuten. Gesamtgehalt des Durchgeströmten an natrium phosphoricum 29 mg. Unterschied 0%. Dieses letzte Resultat würde vollständig mit unseren Ergebnissen übereinstimmen.

keit der durchzuleitenden Flüssigkeit beeinträchtigt werden konnte. Durch zwei Schnitte wurde dann die Bauchhöhle eröffnet, die Eingeweide auf die rechte Seite geschoben und nach Eröffnung des retroperitonealen Raumes die Aorta descendens unterhalb der arteria renalis eingeschnitten und in diese kleine Oeffnung die oben erwähnte Kanüle eingebunden. Die eingeleitete Flüssigkeit musste also die beiden Schenkel durchströmen, resp., wenn die art. iliaca des einen Schenkels zugeklemmt wurde, konnte sie nur den anderen passieren.

An den beiden Verbindungsschläuchen zwischen der Kanüle und den Büretten waren natürlich Klemmen angebracht, sodass beliebig die eine oder die andere Flüssigkeit in die Blutgefässe des Versuchstieres einströmen konnte. Der Druck wurde dadurch auf der gleichen Höhe zu halten gesucht, dass die obere Flüssigkeitsgrenze durch Hinaufschieben in den Klemmschrauben des Stativs stets in einer horizontalen Ebene mit dem Auge des Beobachters und einem wagrechten Strich auf einem hinter den Büretten befindlichen weissen Schirm erhalten wurde. Doch ist es leicht möglich, dass infolge dieser manuellen Regulierung kleinere Ungenauigkeiten bei den erhaltenen Resultaten untergelaufen sind; man möge deshalb die unten stehenden Zahlen nicht hauptsächlich bezüglich ihres absoluten Wertes prüfen, sondern vor allem ihre relative Zu- resp. Abnahme beobachten.

Als Versuchsflüssigkeiten wurden saure und alkalische Lösungen von verschiedenem Gehalt gewählt; die genaueren Gewichtsverhältnisse der Zusammensetzung werden sich bei jeder Tabelle finden. Als Grundlage der Salze wurde sowohl bei der wässrigen

als auch bei der Eiweisslösung Kochsalz Na Cl 5,85 g auf 1000,0 g Flüssigkeit gewählt, sodass diese Flüssigkeit eine $^1/_{10}$ Normal-Na Cl-Lösung resp. eine physiologische Kochsalzlösung bildete. Dieser Na Cl-Gehalt wurde dann nach den Atomgewichtsverhältnissen[1]) durch saure resp. basische Salze ersetzt. Die Temperatur der Flüssigkeiten war Zimmertemperatur. Die Gesamtdauer der Durchströmung ist in Sekunden, die Gesamtmenge der durchgeströmten Flüssigkeit in $^1/_{10}$ ccm angegeben. Die Geschwindigkeit ist berechnet für 0,1 ccm in Sekunden resp. Bruchteilen von Sekunden. Eine Erhöhung der Geschwindigkeit ist in der letzten Rubrik mit +, eine Verminderung mit — bezeichnet.

---

1) Atomgewicht:

Na = 23
Cl = 35,5
Na Cl = 58,5

58,5 Na Cl + 1000,0 Aq. dest.-Normal-Na Cl-Lösung
5,85 Na Cl + 1000,0 Aq. dest.-$^1/_{10}$ Normal-Na Cl-Lösung

Das alkalische Salz Na_2CO_3 hat folgendes Atomgewicht.

Na_2 = 46
C = 12
O_3 = 48
Na_2CO_3 = 106 resp. $\frac{106}{2}$ = 53.

$^1/_{10}$ Normal-Na_2CO_3-Lösung hätte also 5,3 Na_2CO_3; soll also nun z. B. bei der obigen $^1/_{10}$ Normal-Na Cl-Lösung 1% durch dieses Alkali ersetzt werden, so gibt dies

0,053 Na_2CO_3 auf 1000, also
0,0053 Na_2CO_3 auf 100.

Das Atomgewicht des sauren Salzes ist

Na = 23
H_2 = 2
P = 31
O_4 = 64
Na H_2PO_4 = 120

$^1/_{10}$ Normal-NaH_2PO_4-Lösung hätte also 12,0 NaH_2PO_4. Soll die $^1/_{10}$ Normal-Na Cl-Lösung hiervon 1% enthalten, so giebt dies 0,12 auf 1000 resp. 0,012 NaH_2PO_4 auf 100.

1. Versuch. 1% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung.

alkalisch: 0,579 Na Cl + 0,0053 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: 0,579 Na Cl + 0,012 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

arteria iliaca dextra:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
sauer	120	87	0.72	0.76	0.73	+ 5%
alkalisch	159	108	0.71	0.62	0.68	– 13%
arteria iliaca sinistra:						
alkalisch	318	146	0.62	0.40	0.47	– 29%
sauer	306	168	0.40	0.77	0.55	+ 48%

NB. Die letzte Rubrik bedeutet den Unterschied zwischen der Anfangs- und der Endgeschwindigkeit in Prozenten.

2. Versuch. 1,5% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,576 Na Cl + 0,00795 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: 0,576 Na. Cl. + 0,018 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

arteria iliaca dextra:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
alkalisch	498	340	0.83	0.73	0.78	– 12%
sauer	411	358	0.77	0.91	0.87	+ 15%
arteria iliaca dextra:						
sauer	399	315	0.91	0.88	0.90	+ 3%
alkalisch	960	758	0.92	0.66	0.79	– 28%

3. Versuch. 2% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,573 Na Cl + 0,0106 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: 0,573 Na Cl + 0,024 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel werden zu gleicher Zeit durchströmt.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangsgeschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
alkalisch	468	212	0.59	0.41	0.45	— 31%
sauer	153	148	0.76	1.14	0.97	+ 33%
alkalisch	246	140	0.93	0.57	0.75	— 39%
sauer	150	123	0.76	0.89	0.82	+ 15%

Die Differenzen zwischen der Endgeschwindigkeit der alkalischen Lösung (0,41) und der Anfangsgeschwindigket der sauren (0,76) sind natürlich so aufzufassen, dass die Beschleunigung bei der zweiten Flüssigkeit so schnell erfolgte, dass sie schon den angegebenen Grad erreicht hatte, als eine gleichmässige Registrierung erfolgen konnte. Bei allen Versuchen, wo ein ähnliches Resultat sich aus einigen Zahlen ergibt, möge man dies auf gleiche Weise auffassen. Noch eine Bemerkung sei hier gestattet. Die gefundenen Zahlen entsprechen genau den auf den Kurven aufgetragenen Verhältnissen, aber letztere liessen sich bei aller Sorgfalt nicht immer ganz absolut korrect registrieren. Bei der letzten Rubrik ergiebt nun infolge der notwendigen Umrechnung eine kleine Ungenauigkeit in den Kurvenaufzeichnungen gleich einen bedeutenderen Ausschlag in den Zahlen, so dass die Fehlergrenze der angeführten Zahlen

etwa zwischen — 5 und + 5 liegt, beziehungsweise zwischen — 0,05 und + 0,05 in den anderen Rubriken. Die z. B. beim ersten und zweiten Versuch gefundene Differenz in der Anfangs- und Endgeschwindigkeit der zuerst einfliessenden sauren Flüssigkeit lässt sich hierauf zurückführen. Die Rubrik „Durchschnittsgeschwindigkeit" liefert vor allem einen Massstab für die Schnelligkeit des Anstiegs resp. des Absinkens der Geschwindigkeit. Wenn z. B. beim dritten Versuch die Aufangsgeschwindigkeit des Alkali 0,59, die Endgeschwindigkeit 0,41, die Durchschnittsgeschwindigkeit aber 0,45 betrug, so geht daraus hervor, dass die Geschwindigkeit ziemlich rasch auf einen der Endgeschwindigkeit nahestehenden Wert gesunken ist. Ebenso zeigen gleich darauf bei der Säure die Zahlen 0,76, 1,14 und der Durchschnitt 0,97, dass bei der Säure die Geschwindigkeit wieder relativ schnell anstieg.

4. Versuch. 5 % Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,556 Na Cl + 0,0265 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: 0,556 Na Cl + 0,06 Na $H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel zugleich!

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangsgeschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
alkalisch	381	157	0.57	0.33	0.41	— 51%
sauer	324	166	0.43	0.63	0.51	+ 32%
alkalisch	498	108	0.43	0.17	0.22	— 60%
sauer	351	177	0.23	0.63	0.46	+ 63%
alkalisch	366	66	0.42	0.11	0.18	— 77%
sauer	255	93	0.16	0.44	0.37	+ 64%

5. Versuch. 10 % Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,5265 Na Cl + 0,053 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: 0,5265 Na Cl + 0,12 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel zugleich.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangsgeschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
sauer	150	99	0.68	0.72	0.70	+ 5%
alkalisch	1890	221	0.50	0.03	0.12	− 94%
sauer	780	130	0.04	0.17	0.14	+ 76%
alkalisch	531	55	0.20	0.07	0.10	− 65%

Bei dieser Versuchsreihe liess sich sehr deutlich verfolgen wie bei der Durchströmung fibrilläre Zuckungen auftraten, die dann beim Stärkerwerden auf den Gesamtmuskel übergingen. Sie begannen gewöhnlich in den Muskeln am Fussrücken, welche meist bald die Zehen in lebhafte Bewegung brachten, traten dann in Wade und Oberschenkel auf, aber hier nur als fibrilläre Zuckungen. Die Erregung der Muskeln wurde durch den Einfluss der Säure stärker, durch Alkali sehr schwach.

Es lassen sich nun durch Vergleichen und Studieren der obigen Zahlentabellen folgende Sätze aufstellen:

I. Saure Flüssigkeiten haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Blutstroms in den ungeschädigten Gefässen.

II. Alkalische Flüssigkeiten zeigen eine deutlich verlangsamende Wirkung, wahrscheinlich infolge Quellung der Gefässendothelien.

III. Die Endothelien werden durch Alkali dauernd geschädigt.

IV. Die Intensität der Wirkung der alkalischen Flüssigkeit ist proportional dem Gehalte der Flüssigkeit an Alkali.

V. Auf die durch Alkali geschädigten Endothelien üben die sauren Flüssigkeiten einen teilweise restituierenden Einfluss aus.

VI. Die Wirkung des Alkali und der Säure auf die Blutbahn ist nicht eine gleichmässig sich steigernde, sondern im einen Fall mässig jähes Abfallen, im andern Fall mässig jähes Ansteigen der Geschwindigkeit.

VII. Bei der Durchströmung mit sauren und alkalischen Flüssigkeiten treten in den Muskeln geringe Zuckungen auf, welche bei den rein wässerigen Lösungen durch Säure stärker, durch Alkali schwächer werden.

Die Richtigkeit von I, II, V und VI zeigt ein Blick auf die Tabellen. Die dritte Behauptung lässt sich z. B. sehr schön bei Versuch 4 nachweisen. Nach der ersten Durchströmung mit Alkali konnte die Geschwindigkeit der Säure noch von 0,43 auf 0,63 steigen; nach der zweiten auch noch von 0,23 auf 0,63; nach der dritten Durchströmung aber nur noch von 0,16 auf 0,37, obwohl überall die Einwirkung eine geraume Zeit stattfand und die Zählung erst abgebrochen wurde, nachdem sich eine längere Zeit hindurch gleichmässige Geschwindigkeit eingestellt hatte. Die Endgeschwindigkeiten der alkalischen Durchströmungsflüssigkeiten nehmen ebenso constant ab wie die Anfangsgeschwindigkeiten; letztere

haben die Zahlen 0,57 — 0,43 — 0,42, erstere 0,33 — 0,17 — 0,11.

Die vierte Behauptung wird ebenfalls durch die Zahlen bewiesen.

Bei Gehalt an Alkali beträgt Verminderung der Geschwindigkeit

1%	13% (resp. 29%)
1,5%	12%[1])
2%	31%
5%	51%
10%	94%

Dies sind zunächst die Ergebnisse der angestellten Versuche. Zu ihrer Kontrole und zur Prüfung ihrer Giltigkeit bei anders aber ähnlich zusammengesetzten Flüssigkeiten wurden dann noch verschiedene weitere Versuche vorgenommen. Zuerst wurde an Stelle von aqua destillata eine ca 1% Eiweisslösung angewandt; die übrigen Substanzen blieben dieselben. Auf 100 aq. wurden 2,0 Albumin aus Eiern genommen, das sich aber nicht vollständig löste, sodass der Gehalt der filtrirten Lösung ca. 1% Albumin betrug.

6. Versuch. 1% Eiweisslösung mit 5% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: ca. 1,0 Albumin + 0,557 Na Cl + 0,0265 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: ca 1,0 Albumin + 0,557 Na Cl + 0,06 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. dest.

---

[1]) Vergleiche die Bemerkung zu dem 4. Versuche.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
alkalisch	905	339	0.48	0.25	0.37	— 48%
sauer	435	149	0.33	0,37	0.34	+ 11%
alkalisch	570	126	0.28	0.21	0.23	— 25%

7. Versuch. 1% Eiweisslösung mit 10% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: ca. 1% Albumin + 0,5265 Na Cl + 0,053 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: ca. 1% Albumin + 0,5265 Na Cl + 0,12 $Na H_2 PO_4$ zu 100 aq. pest.

Beide Schenkel zugleich:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
sauer	330	199	0.54	0.58	0.57	+ 7%
alkalisch	1533	601	0.75	0.25	0.39	— 67%
sauer	270	128	0.26	0.40	0.33	+ 35%
alkalisch	510	154	0.38	0.29	0.32	— 24%
sauer	336	93	0.26	0.33	0.29	+ 21%

8. Versuch wurde mit der gleichen Lösung wie der 7. angestellt und ergab ganz entsprechende Resultate.

Bemerkenswert erscheint, dass bei dieser stark sauren resp. alkalischen 1% Eiweisslösung die

Zuckungen sehr gering, selten und erst spät erscheinen und überhaupt nur die Füsse betreffen, während hingegen bei der gleich stark sauren aber 4% Eiweisslösung die Erscheinungen ganz andere sind. Ob sie bei Säure oder Base deutlicher sind, liess sich wegen ihrer geringen Itensität nicht feststellen.

Vergleicht man den 6. und 7. Versuch mit dem 4. und 5. so findet man, dass die Einwirkung des Alkalis und der Säure in den 1% Eiweisslösungen eine augenscheinlich geringere ist als bei aqua destillata mit gleichem Zusatz an Salzen. Wie aber aus den weiteren Versuchen hervorgeht, hat dies für einen stärkeren Gehalt der Flüssigkeit an Eiweiss keine Geltung.

Dass die Hebung der Geschwindigkeit in der Blutbahn nach Einwirkung von Natrium carbonicum nicht auf einer spezifischen Wirkung von $Na\,H_2\,PO_4$ beruht, lehren die beiden folgenden Versuche, bei welchen das Mononatriumphosphat durch das Aequivalent von saurem schwefelsaurem Natron ($Na\,H\,S\,O_4$) ersetzt wurde und die ungefähr die gleichen Resultate geben wie der 4. und 5. Versuch. Ein Unterschied lässt sich allerdings feststellen, das ist die grössere Deutlichkeit der Zuckungen in den Schenkeln und den Fibrillen der durchschnittenen musc. rect. abdominis. Bei $Na\,H_2\,PO_4$ liessen sie sich zwar auch bei genauerem Zusehen sehr gut verfolgen, aber jetzt fallen sie vielmehr in die Augen; es wurden deshalb bei jedem Versuch noch einige Angaben hierüber beigefügt.

9. Versuch. 2% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:[1])

alkalisch: 0,573 Na Cl + 0,0106 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.
sauer: 0,573 Na Cl + 0,024 Na H PO_4 zu 100 aq. dest.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangsgeschwindigkeit	Endgeschwindigkeit	Durchschnittsgeschwindigkeit	Unterschied in %
sauer	240	87	0.40	0.41	0.40	+ 2%
alkalisch	753	133	0.37	0.05	0.17	− 87%
sauer	834	114	0.05	0.20	0.14	+ 75%
alkalisch	1143	181	0.24	0.13	0.18	− 45%

sauer: heftige fibrilläre Zuckungen im Schenkel ausser im Fuss.

alkalisch: im Anfang noch heftige Zuckungen, die bald viel schwächer werden.

sauer: Stärkerwerden der Zuckungen.

alkalisch: deutliches Nachlassen derselben.

10. Versuch. 5% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,557 Na Cl + 0,0265 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.
sauer: 0,557 Na Cl + 0,06 Na H SO_4 zu 100 aq dest.

---

[1]) Das Atomgewicht ist
Na = 23
H = 1
S = 32
O_4 = 6.4

Na H SO_4 = 120, also das gleiche Gewicht wie bei NaH_2PO_4, folglich wird $NaHSO_4$ genau in dem gleichen Gewichtsverhältnis angewandt werden müssen.

Beide Schenkel zugleich:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endge-schwindigkeit	Durch-schnittsge-schwindigkeit	Unter-schied in %
sauer	165	50	0.33	0.33	0.33	0
alkalisch	522	44	0.25	0.07	0.10	– 72%
sauer	975	100	0.07	0.14	0.10	+ 50%
alkalisch	990	110	0.15	0.07	0.11	– 53%

sauer: starke fibrilläre Zuckungen im Ober- und Unterschenkel;

alkalisch: Zuckungen werden ganz unbedeutend;

sauer: nehmen allmählich wieder zu;

alkalisch: lassen wieder beträchtlich nach.

11. Versuch. 10% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: 0,5265 NaCl + 0,053 Na_2CO_3 zu 100 aq. dest.

sauer: 0,5265 Na. Cl. + 0,12 Na H SO_4 zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel zugleich.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endge-schwindigkeit	Durch-schnittsge-schwindigkeit	Unter-schied in %
sauer	135	91	0.66	0.68	0.67	+ 1,5%
alkalisch	1902	354	0.58	0.07	0.19	– 88%
sauer	675	69	0.11	0.22	0.17	+ 50%

sauer: sehr intensive fibrilläre Zuckungen;

alkalisch: fast vollständiges Verschwinden derselben;

sauer: Zuckungen werden wieder sehr deutlich, besonders im Ober- und Unterschenkel; im Fuss (Zehen) sind sie nur minimal.

Die auf Grund der Versuche 1—5 aufgestellten Behauptungen werden durch die auf den letzten Tabellen angegebenen Resultate nur in jeder Hinsicht bestätigt.

Eine Gruppe von Versuchen möge dann noch folgen, in welchen ebenfalls die Säure durch Natrium bisulfuricum repräsentiert wurde, während die Grundflüssigkeit aus 4% Eiweisslösung bestand, also ungefähr soviel Eiweiss, (Serum albumin) enthielt wie das Blutplasma. Die 1% Eiweisslösung bei Versuch 6 und 8 wurde aus getrocknetem Albumin dargestellt; zu dieser 4%-Lösung wurde jedoch das Serum von frischen Hühnereiern benutzt. Um genau beurteilen zu können, ob z. B. die 4% Eiweisslösung mit dem Gehalt von 10% Alkali, dieselbe Alkalescens besitze wie das mit der gleichen Menge Alkali versetzte destillierte Wasser, wurden beide Lösungen erst sorgfältig auf ihre Alkalescenz titriert.[1])

12. Versuch. 4% Eiweisslösung mit 2% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: ca. 4,0 Albumin + 0,573 Na Cl + 0,0106 Na_2CO_3 zu 100 aq. dest.

sauer: ca. 4,0 Albumin + 0,573 Na Cl + 0,024 $NaHSO_4$ zu 100 aq. dest.

---

[1]) Die wässrige Lösung von Na_2CO_3 wurde nach Erwärmen mit Salzsäure und Cochenilletinctur titriert (Phenolphthaleïn bildete hierbei keinen brauchbaren Indikator.) Diealkalische Eiweisslösung (4%) dagegen gab mit Cochenilletinctur gar keinen deutlichen Farbenumschlag; bei Phenolphthaleïn hingegen wurde er in diesem Falle ausserordentlich scharf. Die Untersuchung liess sich auf diese Weise sehr genau ausführen und ergab bei der wässrigen wie bei der Eiweisslösung eine Alkalescenz von 7,5%.

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endge-schwindigkeit	Durch-schnittsge-schwindigkeit	Unter-schied in %
sauer	339	114	0.33	0.34	0.33	+ 1,5%
alkalisch	720	228	0.34	0.30	0.31	— 4%
sauer	502	108	0.31	0.15	0.21	+ 51%

sauer: keine Zuckungen,

alkalisch: keine Zuckungen,

sauer: nach ca. 180 Sekunden treten kleine vereinzelte Zuckungen in der 4. und 5. Zehe auf welche aber ganz unbedeutend sind.

Die auffällige Zahl in der letzten Rubrik, wonach bei der letzten Einwirkung der Säure die Stromgeschwindigkeit sich um 51% verminderte, ist jedenfalls auf eine zufällige Störung zu beziehen. Gerade bei dieser starken Eiweisslösung von 4% können sich leicht kleinere Albuminfasern oder Flöckchen bilden, die natürlich sehr wesentlich die Cirkulation hemmen werden, wenn sie in die Blutbahn gelangen.

13. Versuch. 4% Eiweisslösung mit 5% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: ca. 4,0 Albumin + 0,557 Na Cl + 0,0265 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: ca. 4,0 Albumin + 0,557 Na Cl + 0,06 Na H SO_4 zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel zugleich:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endge-schwindigkeit	Durch-schnittsge-schwindigkeit	Unter-schied in %
sauer	69	50	0.73	0.73	0.73	0
alkalisch	2022	418	0.74	0.17	0.21	— 77%
sauer	720	158	0.17	0.17	0.17	0

sauer: keine Zuckungen,

alkalisch: erst spät kleine Zuckungen und erst sehr spät starke Zuckungen an den Zehen; die klonischen Krämpfe werden dann stürmisch, greifen auch auf Unter- und Oberschenkel über, ohne dass es zu einem Tetanus kommt.

sauer: zunächst sind die Konvulsionen noch dieselben, nehmen aber dann bedeutend ab.[1])

14. Versuch. 4% Eiweisslösung mit 10% Alkali resp. Säure.

Zusammensetzung:

alkalisch: ca. 4,0 Albumin + 0,565 Na Cl + 0,053 $Na_2 CO_3$ zu 100 aq. dest.

sauer: ca. 4,0 Albumin + 0,565 Na Cl + 0,12 Na H SO_4 zu 100 aq. dest.

Beide Schenkel zugleich:

	Gesamt-Dauer	Gesamt-Menge	Anfangs-geschwindigkeit	Endge-schwindigkeit	Durch-schnittsge-schwindigkeit	Unter-schied in %
sauer	43	55	0.86	0.88	0.86	+ 2%
alkalisch	1320	145	0.55	0.10 (0,04)	0.11	— 82%
sauer	777	138	0.12	0.23	0.18	+ 49%
alkalisch	624	75	0.22	0.07	0.12	— 69%

[1]) Bezüglich der gleichbleibenden Geschwindigkeit bei der letzten Durchfliessung vgl. Bemerkung zu Versuch 12.

sauer: keine Zuckungen;

alkalisch: bald lebhafte, stürmische, klonische Zuckungen, besonders an Füssen und Zehen, welche zu einem vollständigen tonischen Streckkrampf (Tetanus) der unteren Extremitäten führen. Dieses Bild entwickelt sich sehr schnell, die Stromgeschwindigkeit ist beim Auftreten des Tetanus auf 0,04 gesunken, jedenfalls so bedeutend infolge mechanischer Behinderung durch die kontrahierten Muskeln. Nach wenigen Minuten lässt der Tetanus spontan nach, es treten wieder fibrilläre Zuckungen auf, der Strom verlangsamt sich nunmehr nach einer kleinen Wiederbeschleunigung endgültig und zuletzt treten nur noch einzelne ruckweise Zuckungen im Oberschenkel auf;

sauer: geringe fibrilläre Zuckungen in den Füssen, besonders in den Zehen; die Zuckungen steigern sich ein wenig;

alkalisch: nach einiger Zeit treten wieder starke Konvulsionen auf, kein Tetanus; die Zuckungen bleiben fortwährend stärker als bei der Einwirkung der Säure.

15. Versuch.

Zum Durchfliessen soll aqua destillata ohne irgend welchen Zusatz benutzt werden. Der Strom steht nach wenigen Sekunden hierbei völlig still.

Auch diese letzten Versuche bilden eine Bestätigung der früher gewonnenen Ergebnisse, wenigstens was die ersten sechs Sätze anlangt.

Merkwürdigerweise gilt dies aber von der VII. These betreffs der Zuckungen nicht, indem hier bei der 4% Eiweisslösung gerade das Gegenteil deutlich zu beobachten war. Hiernach lässt sich behaupten:

VIII. Für Eiweisslösungen mit bestimmtem Gehalt an Alkali resp. Säure gelten bezüglich des Einflusses auf die Strömungsgeschwindigkeit dieselben Regeln wie bei den einfachen Lösungen.

IX. Bei Durchströmmung mit 4% Eiweisslösung treten ebenfalls motorische Erregungen in den Muskeln auf, welche jedoch im Gegensatz zu den einfachen Lösungen durch Alkali hervorgerufen resp. verstärkt werden, durch Säure vermindert werden.

Eine sichere Erklärung für dieses auffallende Verhalten des Eiweisses gegenüber der aq. dest. zu geben, dürfte zur Zeit unmöglich sein. Durch äussere zufällige Umstände kann dasselbe in unserm Fall nicht hervorgerufen sein, sodass z. B. das Eiweiss ein wenig in Zersetzung übergegangen und die auffallende Erscheinung durch Fäulnisprodukte hervorgerufen wäre, denn die zu den Versuchen verwandten Eier waren unmittelbar vorher erst geöffnet worden und erschienen dabei vollkommen frisch. Vielleicht bilden sich zwischen dem Eiweiss und der Säure (resp. dem Alkali) molekulare Umsetzungen, welche dann neue und zwar hier zufällig in einer Beziehung umgekehrte Eigenschaften zeigen wie die einfachen Säure- resp. Alkalimoleküle.

Jedenfalls geht daraus hervor, dass trotz der Uebereinstimmung der Eiweisslösung und der einfachen Lösung in der chemischen Reaktion (s. oben) die physiologische Reaktion nicht ganz die gleiche ist.

Zum Schlusse muss noch auf die eingangs aufgestellte Behauptung zurückgegriffen werden, dass die geschilderten Veränderungen der Stromgeschwin-